

補助事業番号 27-133
補助事業名 平成27年度 自己形成光導波路による高効率な光インターコネク
技術の開発 補助事業
補助事業者名 東海大学 工学部 光・画像工学科 藤川知栄美

1 研究の概要

本研究では、シリコンフォトニクスにおいて懸案事項となっているスポットサイズ変換における課題解決を念頭に、光硬化樹脂を用いた自己形成光導波路と独自のマスク転写法による革新的な光接続技術の確立をはかり、アライメントフリーで高効率な光実装技術の普及に寄与する。具体的には、光配線板間、光配線板とファイバ、光ファイバとモジュール間の接続をアライメントフリーかつ高い結合効率を可能にする接続技術の可能性を追求した。

2 研究の目的と背景

電気配線のボトルネック解消のために光配線の導入が急務であり、導入の妨げになっている光固有の実装技術の困難さを越えることが不可欠である。光ネットワークの構築を普及させるため、設置する光ネットワーク端末の大幅なコストダウンが求められており、端末モジュールとファイバ接続の困難さを解消することが必須である。さらに近年シリコンフォトニクスに関する研究が急速に発展し、大きな研究分野の一つになりつつある。現在研究が加速しているシリコンフォトニクスにおいては、Si細線導波路とシングルモードファイバの接続が不可欠であり、このスポットサイズ変換が数年来の懸案課題となっている。光硬化樹脂を用いた自己形成光導波路によるテーパ形状を有するスポットサイズ変換器を試作し、光接続技術の確立をはかり、アライメントフリーで高効率な光実装技術の普及に貢献する。さらに光配線板の多層化に対処するために、3次元の光接続法を検討し、ボードレベル光インターコネクションの光配線の多層化・アレイ化など更なる高機能化をはかる。

3 研究内容

(1) 光硬化樹脂によるファイバ端面へのマイクロレンズ加工

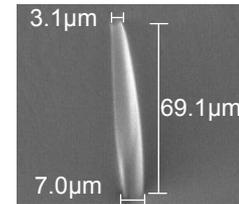
従来のマイクロレンズの作製手法に比較して、簡易な手法を提案した。フェルールに固定したファイバ端面へ光硬化性樹脂を滴下し、UV光（波長365nm）を照射して作製した。樹脂マイクロレンズからの出射した光のFar Field Pattern (FFP) およびプロファイルより、出射光の広がり角を計測し、樹脂マイクロレンズありの場合の方が集光していることを確認した。（6. 学会発表 2）参照）

(2) 3次元テーパ構造をもつスポットサイズ変換器技術の開発

<スポットサイズ変換器の作製手法の提案および試作>

(<http://ieeexplore.ieee.org/document/7801315/>)

UV硬化型樹脂を用いたフォトマスク転写法は容易かつ短時間でデバイス作製を可能にすることから、この手法をSSCの作製に適応することを提案した。実際に作製を試み、回折効果によりテーパSSC形状のSSCの作製に成功した。



フォトマスク転写法より作製したスポットサイズ変換器

<スポットサイズ変換器の最適形状の検討>

(<http://ieeexplore.ieee.org/document/7903682/>)

フォトマスク転写法を用いたSSCデバイス作製を想定し、ビーム伝播法シミュレーションを用いて数値計算を行った。Si細線導波路あるいは垂直共振器型面発光レーザとシングルモード光ファイバを接続する最適スポットサイズ径を求め、所望のSSCを作製した。

(3) 光配線基板一体型V溝の作製

樹脂V溝の設計の柔軟性を生かしたクラッド一体型V溝作製を検討した。これは設計の簡易化、パッシブアライメントでの実装、また結合効率の向上を実現すると期待した。VCSELおよび縦型光導波路を覆うクラッド、樹脂V溝が1つとなった新しいモジュールである。縦型光導波路のクラッドとなる樹脂上にV溝をフォトマスク転写法で作製するために、基板上に所望のサイズの樹脂V溝を作製することを試みた。作製するV溝の幅に応じたフォトマスクを設計し、フォトマスク上にプリズムを配置することにより、樹脂V溝を作製した。樹脂V溝の高さはフォトマスクと基板の距離、V溝の間隔はフォトマスクの設計およびプリズムの頂角にて制御可能ということを確認した。

(4) 多層化光配線基板への適用検討

プリント配線基板レベルにおいて、従来の「メタリック配線」の代わりに「光配線」を導入することへの注目が高まっている。とくに光配線と光デバイスとの間の結合においては、高い結合効率と位置合わせにおける高い許容量が要求される。申請者らが提案した「光ピン（縦型光導波路）」を適用し、90度光路変換を可能にすることを提案した。位置合わせ許容量を高めるため、直径125 μmの樹脂マイクロレンズを光ファイバ端面に作製した。（6. 発表論文 2）参照）

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

現在主に用いられている金属（電気）配線においては、輻射やクロストークといった問題がシステム性能向上のボトルネックとなっており、この課題を解消するために、無誘導・高速大容量伝送が可能な「光配線」が注目されている。本研究は、電気配線の光配線への置き換えによる低消費電力化が期待されるシリコンフォトニクス技術におけるスポットサイズ

変換器等のマイクロ光モジュールへの適用を念頭においている。独自の「フォトマスク転写法」を用いて、光硬化樹脂に光を照射することにより作製される自己形成光導波路を利用して、スポットサイズ変換器をはじめとした光接続用光デバイスを光配線上へ形成する。この技術は、同形状の光デバイスを大量に作製するために簡易な手法であることがメリットである。当該技術により、光デバイス間の接続コストおよび伝送特性を大幅に改善し、更なるブロードバンドの高速・大容量化に対し光配線の実現に貢献することができる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者はこれまで光通信用機能性光学素子の研究を行ってきただが、本事業により、新たな研究分野として光インターコネクト技術の研究に取り組むことができた。提案手法による有効性を示すことができたが、実際のプリント基板上での作製評価など実用化に必要なデータは十分ではない。実用化に近い研究分野での取り組みが非常に難しい課題であることをあらためて認識できた。これからもこの課題に取り組む、光配線の普及に貢献していきたい。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【発表論文】

- 1) N. A. Baharudin, C. Fujikawa, O. Mitomi, A. Suzuki, S. Taguchi, O. Mikami, S. Ambran, “Tapered Spot Size Converter by Mask-Transfer Self- Written Technology for Optical Interconnection”, IEEE Photonics Technology Letters, DOI: 10.1109/LPT.2017.2694964 (2017).
<http://ieeexplore.ieee.org/document/7903682/>
- 2) O. Mikami, N. A. Baharudin, Y. Yaacob, S. Ambran, C. Fujikawa, Polymer Optical Coupling Device For Multi-Layer/Channel Optical Wiring, Plasma application & hybrid functionally materials: conference journal of the Annual Meeting of IAPS, Vol. 26, pp. 11-12, (2017).
- 3) N. A. Baharudin, S. Ambran, O. Mikami, C. Fujikawa, A. Suzuki, S. Taguchi, O. Mitomi, “Spot Size Converter Using Mask-Transfer Self-Written Waveguide Method for Optical Interconnection”, IEEE CPMT Symposium Japan 2016 (ICJSJ 2016), 7-9 Nov. 2016, Kyoto, Japan, pp. 163-164.
<http://ieeexplore.ieee.org/document/7801315/>

【学会発表】

- 1) 田口将之介 他, 光硬化性樹脂を用いたマスク転写法によるスポットサイズコンバータのレイ化, 第31回エレクトロニクス実装学会 春季講演大会, 2017年3月8日, 慶應義塾大学矢上キャンパス.
- 2) Yuzafirah Yaacob, et al, “Optical Coupling using Micro lens for Optical Printed Wiring Board”, The 16th International Symposium on Advanced Organic Photonics (ISAOP-16), 2016年10月17日, 金沢しいのき迎賓館.

- 3) 薄井健吾 他, 光硬化性樹脂を用いたマスク転写法によるスポットサイズコンバータ,
第 30 回 エレクトロニクス実装学会 春季講演大会, 2016 年 3 月 22 日, 東京工業大
学大岡山キャンパス.

7 補助事業に係る成果物

- (1) 補助事業により作成したもの
なし
- (2) (1) 以外で当事業において作成したもの
なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 東海大学 工学部 光・画像工学科
(トウカイダイガク コウガクブ ヒカリ・ガゾウコウガクカ)

住 所： 〒259-1292
神奈川県平塚市北金目4-1-1

申 請 者： 教授 藤川知栄美 (フジカワ チエミ)

E-mail： chiemi@tokai.ac.jp

URL： <http://www.eh.u-tokai.ac.jp/fjkw/fujikawa.html>